

# **SIMULTANEOUS MULTIAXIS PRESSING METHOD AND ITS DEVICE, MANUFACTURE OF SUPER FINE GRAINED FERRITIC STEEL, AND SUPER FINE GRAINED FERRITIC SLAB**

**Publication number:** JP2000351040

**Publication date:** 2000-12-19

**Inventor:** HANAMURA TOSHIHIRO; NAKAJIMA HIROSHI;  
TORITSUKA SHIRO; NAGAI HISASHI; SAITO  
TADASHI; SAKUMA NOBUO

**Applicant:** NAT RES INST METALS; JAPAN SCIENCE & TECH  
CORP; NIPPON STEEL CORP; MITSUBISHI HEAVY  
IND LTD

**Classification:**

**- International:** **B21B13/08; B21J5/02; B21B13/00; B21J5/00; (IPC1-7):**  
B21J5/02; B21B13/08

**- european:**

**Application number:** JP19990165553 19990611

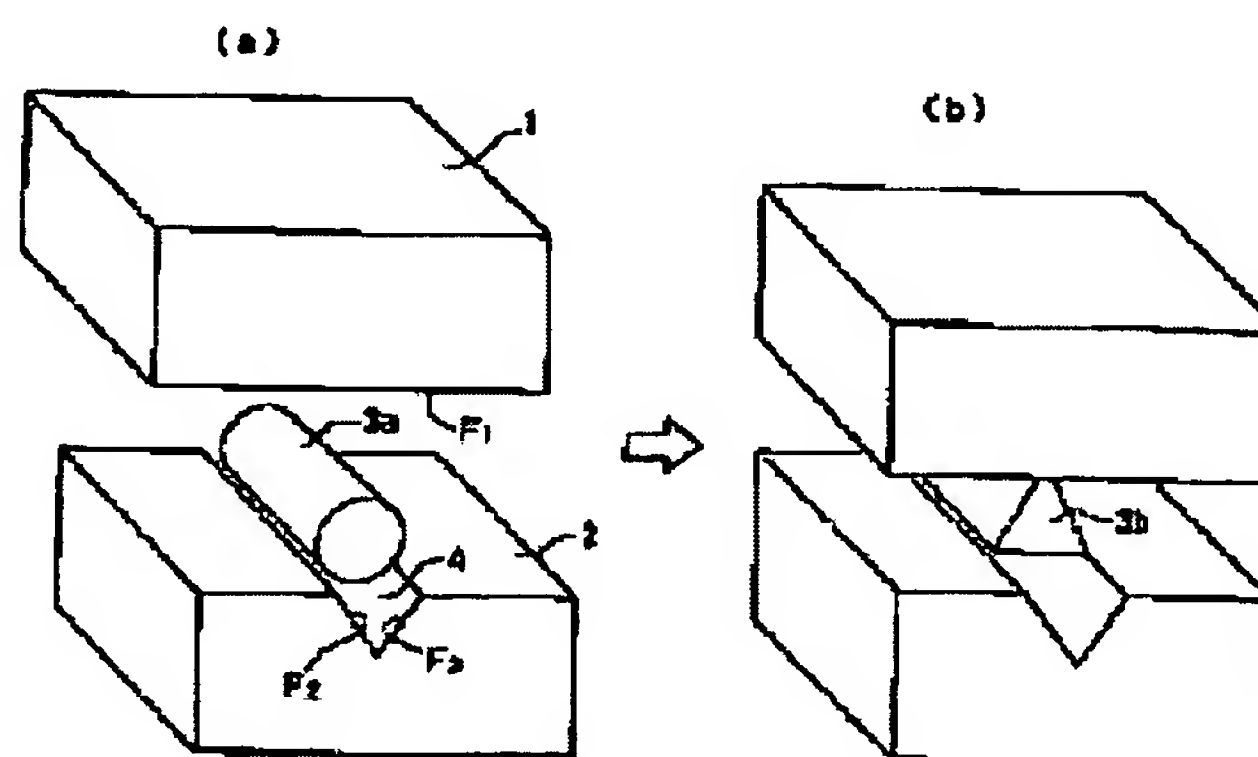
**Priority number(s):** JP19990165553 19990611

**Report a data error here**

## **Abstract of JP2000351040**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a steel of uniform structure by simultaneously applying the distortion stress to a work in the at least three axial directions to achieve the pressing to implement the multi-axis forging in one pass without any super-large rolling mill.

**SOLUTION:** A steel is forged by a forging device provided with an upper die 1 having a forging surface F1 with a flat lower side and a lower die 2 having V-shaped grooves 4 with forging surfaces F2 and F3 forming rectangular groove surfaces. A forging surface of triangular section is complementarily formed of the forging surfaces F1 to F3, and the multi-axis forging is possible. A forged member 3a of a round bar is inserted in the V-shaped groove 4 of inverted triangular section, and forged by simultaneously applying the distortion from three axial directions by the forging surfaces F1 to F3. The stress is applied to the work 3a perpendicularly from the forging surfaces F1 to F3. The work formed in the inverted triangular section copying the V-shaped groove 4 is drawn out of the V-shaped groove 4, and rotated by 60 deg. around the axis to form a normal triangular posture, and forged again. The local lattice rotation of the work 3 is facilitated to easily realize the fine structure of the material.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

**This Page Blank (uspto)**

(43)公開日 平成12年12月19日(2000.12.19)

(51) Int.Cl.?

識別記号

FI

テ-マ-ト\* (参考)

**B 2 1 J 5/02**

**B 2 1 J      5/02**

**A 4E087**

**B 2 1 B 13/08**

**B 2 1 B 13/08**

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平11-165553

(22)出願日 平成11年6月11日(1999. 6. 11)

(71)出願人 390002901

科学技術庁金属材料技術研究所長  
茨城県つくば市千現一丁目2番1号

(71)出願人 396020800

科学技術振興事業団  
埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71)出願人 000006655

新日本製鐵株式会社  
東京都千代田区大手町2丁目6番3号

(74) 代理人 100093230

弁理士 西澤 利夫

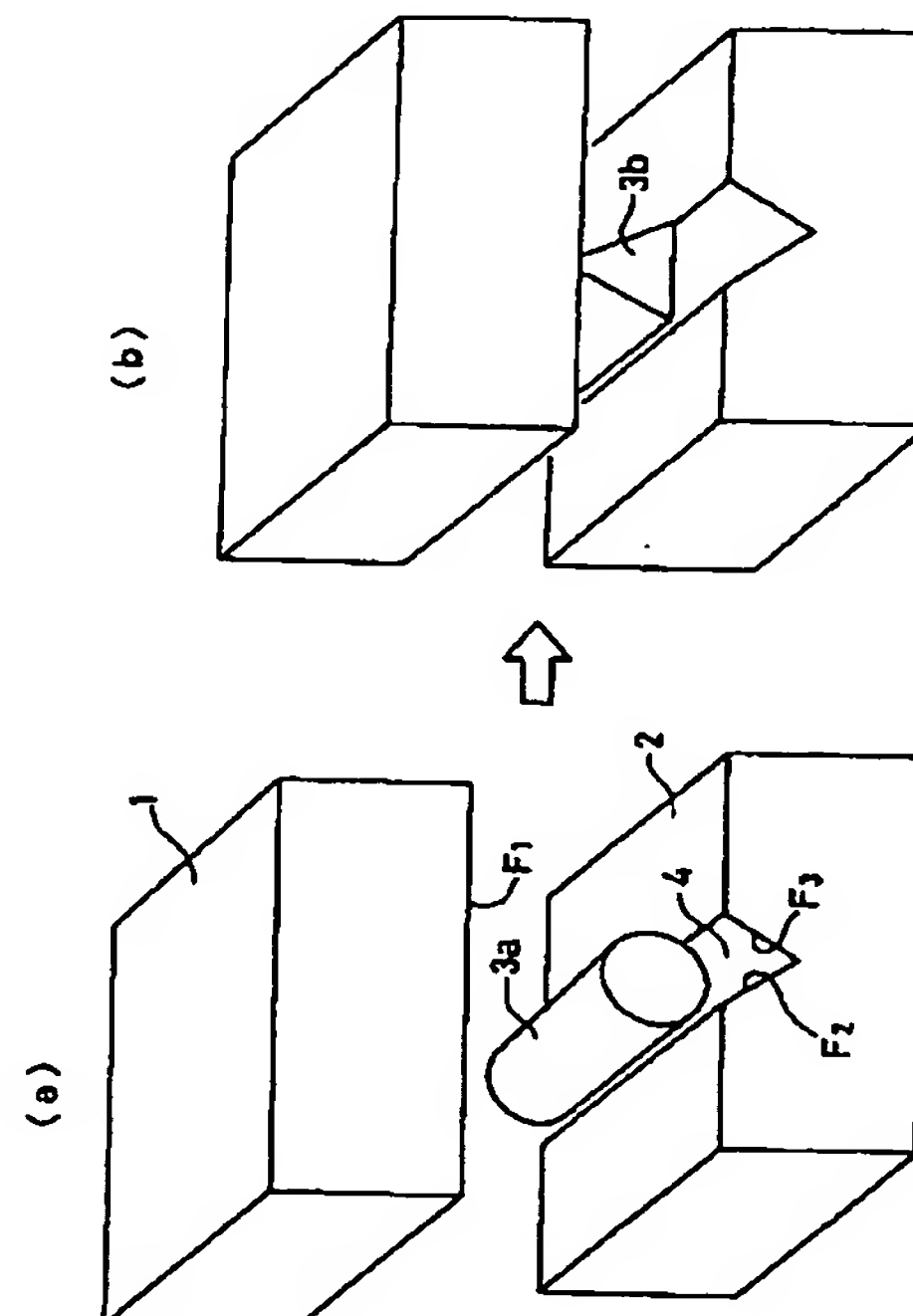
**最終頁に続く**

(54) 【発明の名称】 多軸同時加圧加工方法とその装置、およびフェライト粒超微細化鋼の製造方法とフェライト粒超微細化鋼厚板

(57) 【要約】

【課題】 超大型の圧延機を必要とせずに、1 回のパスにおいて多軸加工し、超微細粒組織の創製を可能とする。

【解決手段】 対向面上に配置された溝（４）および平坦面から加工面（Ｆ１、Ｆ２、Ｆ３）を形成し、加圧時にその加工面から垂直に加工素材に応力を掛け、多軸方向から同時に加圧加工する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 歪み応力を3軸以上の多軸方向より被加工材に同時に加えて加圧加工することを特徴とする多軸同時加圧加工方法。

【請求項2】 一方の型には多角溝が、また他方の型には平坦面もしくは多角溝が設けられている一対の加圧型の間に被加工材を挿入し、多角溝の各々の面もしくはさらにこれに加えて平坦面からなる加工面より歪み応力を加える請求項1の方法。

【請求項3】 回転軸中心の平面配置が相互に非平行であって、被加工材の挿入方向の両側の一方に1以上、そして他方に2以上配置されたロールを回転させて歪み応力を加える請求項1の方法。

【請求項4】 長手方向中心部の径が両端部よりも細くなるように周面が長手方向に湾曲したロールを被加工材の挿入方向の両側にクロス角を大きくして一対で配置し、このロールの回転によって歪み応力を加える請求項1または3の方法。

【請求項5】 請求項1の方法のための装置であって、被加工材に対して歪み応力を3軸以上の多軸方向より同時に加える加圧加工手段を備えていることを特徴とする多軸同時加圧加工装置。

【請求項6】 一方の型には多角溝が、また他方の型には平坦面もしくは多角溝が設けられている一対の加圧型を加圧加工手段として備え、その加圧型の間に被加工材を挿入し、多角溝の各々の面もしくはさらにこれに加えて平坦面からなる加工面より歪み応力を加える請求項5の装置。

【請求項7】 回転軸中心の平面配置が相互に非平行であって、被加工材の挿入方向の両側の各々に1以上配置されたロールを加圧加工手段として備え、このロールを回転させて歪み応力を加える請求項5の装置。

【請求項8】 長手方向中心部の径が両端部よりも細くなるように周面が長手方向に湾曲したロールを被加工材の挿入方向の両側にクロス角を大きくして一対で配置して加圧加工手段とし、このロールの回転によって歪み応力を加える請求項5または7の装置。

【請求項9】 請求項1ないし4のいずれかの方法によるフェライト鋼の製造方法であって、鉄鋼材料を400℃以上Ac3以下の温度域で1バスの多軸同時加圧加工を加え、平均粒径2μm以下の超微細組織を有する厚さ10mm以上の厚板を製造することを特徴とするフェライト粒超微細化鋼の製造方法。

【請求項10】 請求項9の製造方法により製造される、フェライト粒微細化鋼厚板。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この出願の発明は、平均粒径2μm以下のフェライト超微粒組織を有する厚さ10mm以上の厚板の製造等に有用な、多軸同時加圧加工方法

とその加圧装置そしてこの方法による超微細化組織鋼の厚板の製造方法、並びにその厚板に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術とその課題】従来の一軸鍛造における、平均粒径2μmの超微細組織を有する厚さ10mm以上の厚板の鍛造工程では、通常非常に大きな圧下荷重が要求され、10000トンクラスの超大型の圧延機が必要とされている。このため、必然的にコストが掛かり、実用上の問題があった。

【0003】また従来の鍛造機等において、大圧下による鍛造加工の際には、減面率を90%以上にしなければならぬという制約をうけていた。たとえば、Fe-0.15C-0.3Si-1.5Mnという組成を有する供試材を高周波溶解並びに加熱圧延(1523K加熱後、50%圧下)し、これをベースとして650℃で一軸鍛造により1バス加工(75%圧下)した後、直ちに水焼き入れを行ったときの試料断面のSEM組織写真が図9に示されるが、この図9の写真によれば、中心部では細粒化が起きていることが認められるものの、その領域は精々中心部0.5mm幅の領域のみに過ぎず、その周囲の他の領域はすべて粗大粒が残ったままである。

【0004】また、微細組織創製についての多軸加工の有効性を明らかにする中で、鍛造や穴型圧延に応用することを試みてきたが、厚板の厚さを大幅に減少させずに組織制御を行うことは難しかった。そこで、この出願の発明は、以上のとおりの従来の技術的限界を克服し、平均粒径2μmの超微細組織を有する厚さ10mm以上の鋼材厚板であっても、圧下荷重をより軽減して厚板の大きさを大幅に減少させることなく、低コストに、しかもより实际的に均一組織鋼を製造可能とすることのできる、新しい加圧加工手段とこの手段により製造される新しい厚板鋼材を提供することを課題としている。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】この出願の発明は、上記の課題を解決するものとして、第1には、歪み応力を3軸以上の多軸方向より被加工材に同時に加えて加圧加工することを特徴とする多軸同時加圧加工方法を提供する。そして第2には、一方の型には多角溝が、また他方の型には平坦面もしくは多角溝が設けられている一対の加圧型の間に被加工材を挿入し、多角溝の各々の面もしくはさらにこれに加えて平坦面からなる加工面より歪み応力を加える前記第1の方法を、第3には、回転軸中心の平面配置が相互に非平行であって、被加工材の挿入方向の両側の一方に1以上、そして他方に2以上配置されたロールを回転させて歪み応力を加える前記第1の方法を、第4には、長手方向中心部の径が両端部よりも細くなるように周面が長手方向に湾曲したロールを被加工材の挿入方向の両側にクロス角を大きくして一対で配置し、このロールの回転によって歪み応力を加える前記第1または第3の方法を提供する。また、この出願の第1

の発明は、第5には、前記第1の方法のための装置であって、被加工材に対して歪み応力を3軸以上の多軸方向より同時に加える加圧加工手段を備えていることを特徴とする多軸同時加圧加工装置を提供する。

【0006】そして第6には、一方の型には多角溝が、また他方の型には平坦面もしくは多角溝が設けられている一対の加圧型を加圧加工手段として備え、その加圧型の間に被加工材を挿入し、多角溝の各々の面もしくはさらにこれに加えて平坦面からなる加工面より歪み応力を加える前記第5の装置を、第7には、回転軸中心の平面配置が相互に非平行であって、被加工材の挿入方向の両側の各々に1以上配置されたロールを加圧加工手段として備え、このロールを回転させて歪み応力を加える前記第5の装置を、第8には、長手方向中心部の径が両端部よりも細くなるように周面が長手方向に湾曲したロールを被加工材の挿入方向の両側にクロス角を大きくして一対で配置して加圧加工手段とし、このロールの回転によって歪み応力を加える前記第5または第7の装置を提供する。

【0007】また、この出願の発明は、前記第1ないし第4のいずれかの方法によるフェライト鋼の製造方法であって、鉄鋼材料を400℃以上Ac3以下の温度域で1パスの多軸同時加圧加工を加え、平均粒径2μm以下の超微細組織を有する厚さ10mm以上の厚板を製造することを特徴とするフェライト粒超微細鋼の製造方法を、第10には、上記製造方法により製造されるフェライト粒超微細化鋼厚板を提供する。

【0008】以上のとおりのこの出願の発明は、厚板の厚さを大幅に減少させずに組織制御を行うための検討を行い、その結果に基づいて、多軸同時加圧加工により、多方向の変形を同時に導入し、圧下率を大きくとらなくとも、すなわち、厚板の厚さを大幅に減少させることなく、加工可能としている。

【0009】

【発明の実施の形態】この出願の発明は上記のとおりの特徴をもつものであるが、以下にその実施の形態について説明する。まずこの出願の発明の方法において特徴的なことは、鋼材等の被加工材に対して、歪み応力を3軸以上の多軸方向より同時に加えて加圧加工することである。そしてこの出願の発明は、その装置として、被加工材に対して歪み応力を3軸以上の多軸方向より同時に加える加圧加工手段を備えていることである。

【0010】ここで、「多軸方向」の規定に表現されている「軸方向」とは、鍛造やロール圧延等の加圧（圧縮）加工において慣用されているものであって、加圧加工手段の被加工材への接触面と垂直、もしくはロール接触点の接線と垂直の方向であることを意味している。つまり歪み応力の加わる方向である。このような歪み応力が加わる方向としての軸方向が多軸方向であって、しかも歪み応力はこの多軸方向より同時に加えることがこの

発明の本質的な特徴である。この点において、この出願の発明は、従来の鍛造やロール圧縮とは本質的に相違しているのである。

【0011】この発明における多軸同時加圧加工は、前記のとおり、（A）一方の型には多角溝が、また他方の型には平坦面もしくは多角溝が設けられている一対の加圧型を加圧加工手段として備え、この加圧型の間に被加工材を挿入し、多角溝の各々の面もしくはさらにこれに加えて平坦面からなる加工面より歪み応力を加える方法として可能とされる。

【0012】また、多軸同時加圧加工は、（B）回転軸中心の平面配置が相互に非平行であって、被加工材の挿入方向の面側の一方に1以上、そして他方に2以上配置されたロールを加圧加工手段として備え、このロールを回転させて歪み応力を加える方法や、（C）長手方向中心部の径が両端部よりも細くなるように周面が長手方向に湾曲したロールを被加工材の挿入方向の両側にクロス角を大きくして一対で配置して加圧加工手段とし、このロールの回転によって歪み応力を加える方法等として可能とされる。

【0013】前記（A）の場合には、より具体的には鍛造として具体化される。この鍛造のための加圧型としては、たとえば図1に例示したV溝を持った下型と平坦面上型とからなる加圧型や、図2（a）（b）（c）に例示したようなオーバル、四角形、あるいは六角形等多角溝を持った加圧型等の各種のものが考慮される。たとえば、図1の加圧加工型の場合には、一方の型にはV溝が形成され、他方の型は平坦面を有し、被加工材について、V溝と平坦面とにより断面三角形の加工面を形成可能とし、被加工材を圧縮・塑性変形加工するときに、V溝の各々の辺および平坦面の加工面から垂直に応力が加えられ、三軸方向から同時に加圧可能とされている。従って、3方向からの歪みを丸棒や角棒材等の被加工材に導入することができ、1回のパスにおいて多軸加工が可能である。そして、加工時に被加工材をたとえば60°回転させて挿入すると、さらに多軸効果は高まることになる。また、局所的な格子回転を容易に可能とできるので、結果として材料の組織微細化が容易かつ簡略に可能とされるという利点をもつ。

【0014】また、前記（B）のロールによる加圧加工の場合には、たとえば、図3に例示したように、被加工材（α）の挿入方向（β）の両側たとえば上下・あるいは左右等の一方に1以上の、そして他方に2以上のロールを配置し、しかも、各々のロールが独自に相対的な角度を変更可能として、その回転軸中心の平面配置が相互に非平行となる状態で回転させて加圧加工することが例示される。図3の例では3軸方向同時加工が可能とされる。

【0015】図4は、4軸方向同時の加圧加工について例示したものである。いずれの場合も、たとえば各ロー

ルの回転軸に対してユニバーサルジョイントにより動力伝達が行われ、各回転軸中心の相対角度を変化させ、歪み導入方向を独立に変更可能とすることができる。また、各ロールのユニバーサルジョイントの反対側はハウジングに固定したベアリング止めとすることができる。

【0016】また、図3および図4の例では、各ロールには、加熱用の高周波コイルを配置し、ロール抜熱による被加工材の温度低下を防止するようにしている。これらの加熱手段は、他の加圧加工手段においても同様に適用することができる。前記(C)のロールによる加圧加工では、図5に例示したように、基本的には各ロールの回転軸中心の相対的角度(クロス角度)を変更可能としているとともに、ロールそのものについては、図6に示したように、長手方向中心部の径が両端部よりも細くなるように周面が長手方向に湾曲したものとし、これによって、クロス角度をたとえば $10^\circ$ となるように大きくして加圧加工する。このようにして、ロール間距離がフラットになり、しかもたとえば摩擦係数0.3のせん断応力(多軸歪)を加えることが可能となる。

【0017】たとえば以上のような方法、そして装置を用いることによって、厚み10mm以上の厚板鋼材として、たとえば平均粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の超微細組織の鋼材を製造することができる。このための方法は、加圧加工は、たとえば、 $400^\circ\text{C}$ 以上 $A_c3$ 以下の温度域での加工として可能とされる。具体的には、たとえば図1の方法、装置によるフェライト粒超微細化鋼の製造方法では、断面三角形の鉄鋼材料を正立させた状態で加工位置に配置し、 $400^\circ\text{C}$ 以上 $A_c3$ 以下の温度域で1パスの三軸鍛造を加え、断面を正立三角形から逆三角形に形状変化させて塑性変形させることができる。これによって、平均粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の超微細組織を有する厚さ10mm以上の厚板が製造される。加工温度 $400^\circ\text{C}$ 以上 $A_c3$ 以下とする理由は、 $400^\circ\text{C}$ 未満では、加工中またはパス間での転位再配列が困難であり、単にフェライト組織となり、等軸化しないためであり、 $A_c3$ 以上では結晶粒の成長速度が速いために粗大が進行するためである。

【0018】なお、平均粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の超微細組織を有する厚さ10mm以上の厚板を鍛造する場合には、被加工材の断面積変化(減面率)をゼロとして加工する必要がある。一方、ロールによる加圧加工では僅かな断面積変化は発生するものの、従来方法・装置ほどの大きな変化は生じない。上記製造方法により製造されるこの出願の発明の厚さ10mm以上の厚板は、平均粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の超微細組織を有することができる。この厚板の化学成分としては、たとえばセメントイトを含む炭化物の体積率が0%~20%となる量のC、0.80mass%以下のSi、0.05~3.0mass%のMn、0.10mass%以下のAl、0.02mass%以下のSを含有し、残部がFeおよび不可避不純物からな

るものが例示される。一般に、炭化物が20vol.%を超えると、靱性が劣化する。

【0019】もちろん、この出願の発明においては、以上の組成に限定されることなしに、各種鋼材等について超微細組織をもつものを実現することが可能となる。以下実施例を示し、さらに詳しくこの発明の実施の態様を説明する。

【0020】

【実施例】加圧型として図7に示したような、平坦面をもつ上型(1)とV溝(4)をもつ下型(2)を備えた鍛造装置を用いて加工した。上型(1)の下面は平坦な加工面(F1)であり、下型(2)のV溝(4)の各溝面は加工面(F2)(F3)となっている。

【0021】これら加工面(F1)(F2)(F3)で互いに相補的に断面三角形をなす加工面が形成され、多軸加工を可能にしている。被加工材(3a)としては例示的に丸棒材が示されている。鍛造加工に際して、被加工材(3a)は、断面逆三角形のV溝(4)内に挿入され、3つの加工面(F1)(F2)(F3)により三軸方向から同時に歪みが増えられ鍛造される。被加工材(3a)には、各加工面(F1)(F2)(F3)から垂直に応力(歪)が増えられることになる。

【0022】鍛造された加工品は、V溝(4)に倣って断面逆三角形に成形される。次いで、この断面逆三角形の鍛造加工品を、V溝(4)から引き出し、図7(b)に示すように、軸線の回りに $60^\circ$ 回転して正置した正立三角形の姿勢として再度鍛造する。この加工によって、被加工材(3a)の局所的な格子回転を容易とし、材料の組織微細化が容易かつ簡略に実現される。

【0023】実際に、Fe-0.15C-0.3Si-1.5Mn合金を高周波溶解し、その後加熱圧延(1523Kで加熱後、減面率50%圧下)加工したものを被加工材とし、 $650^\circ\text{C}$ の加熱温度下で三軸鍛造を1パスにより行い、直ちに水焼き入れを行った。さらに、この試料を減面率ゼロで一辺10mmの三角柱に加工した。SEM観察から三角柱は、C断面において、図8に示したような平均粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の等軸微細粒が形成され、L断面では圧延方向に伸張した組織を有していた。バルク全体に渡って均一に超微細粒組織が得られている。

【0024】

【発明の効果】以上詳しく説明した通り、この出願の発明により、多軸方向から同時に歪みを増えることが可能で、1回のパスで多軸加工することができる。圧下率を多くとらずに、多軸加工が可能となる。被加工材の断面積変化が少ない状態を保ちながら、実質的に試料を強加工することも可能となる。コスト的にも有利となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】V溝と平坦面をもつ加圧型を例示した斜視図である。

【図2】(a)(b)(c)は、各々、オーバル、四角

形、大角形の多角溝をもつ加圧型を例示した斜視図である。

【図3】3軸方向同時加圧を可能とするロール加圧装置の構成概要図である。

【図4】4軸方向同時加圧を可能とするロール加圧装置の構成概要図である。

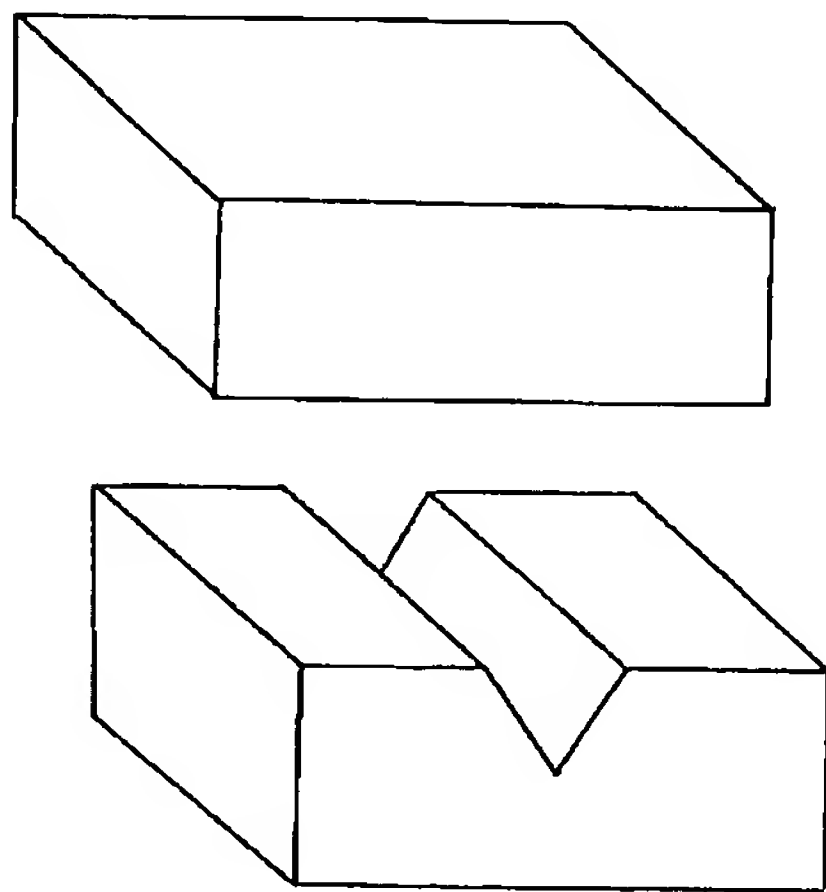
【図5】一对のロールの配置関係を例示した斜視概要図である。

【図6】クロス角を大きくとってのロール加圧による多軸加工を例示した概要図である。

【図7】(a)、(b)は、各々、この出願の発明の実\*

10

【図1】

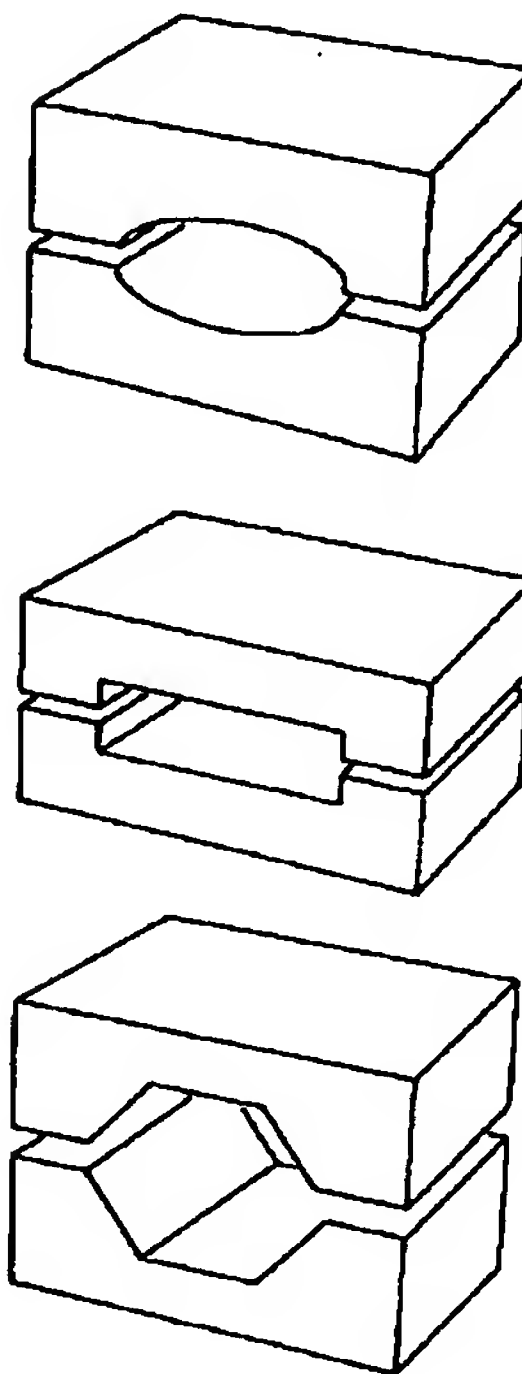


(a)

(b)

(c)

【図2】



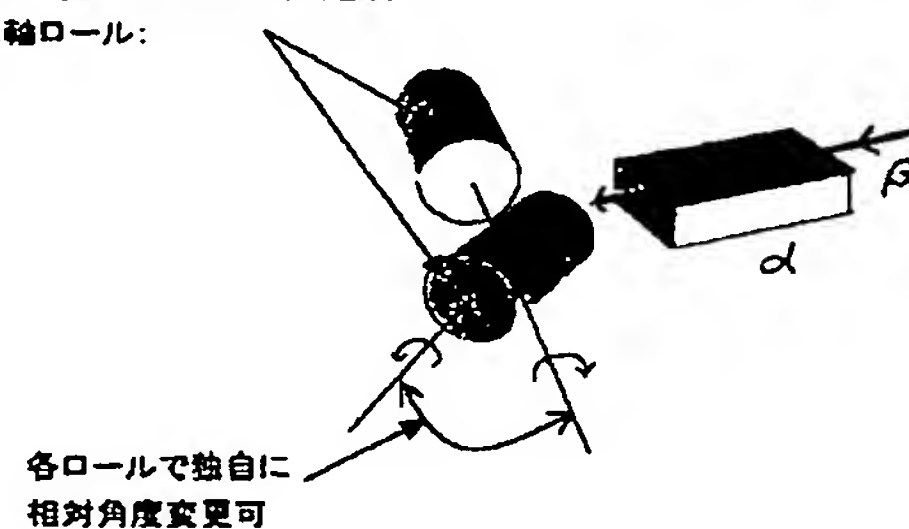
【図3】



ロール加熱用高周波設置:  
試料からの放熱防止

【図5】

2つのロールが独自に相対的角度を調節可能な二軸ロール:



各ロールで独自に  
相対角度変更可

\* 施例としての厚板の製造例を示した構成図である。

【図8】三軸鍛造後のC断面に代わる組織SEM写真である。

【図9】従来の一軸鍛造後の図面に代わるC断面の組織SEM写真である。

【符号の説明】

1 上型

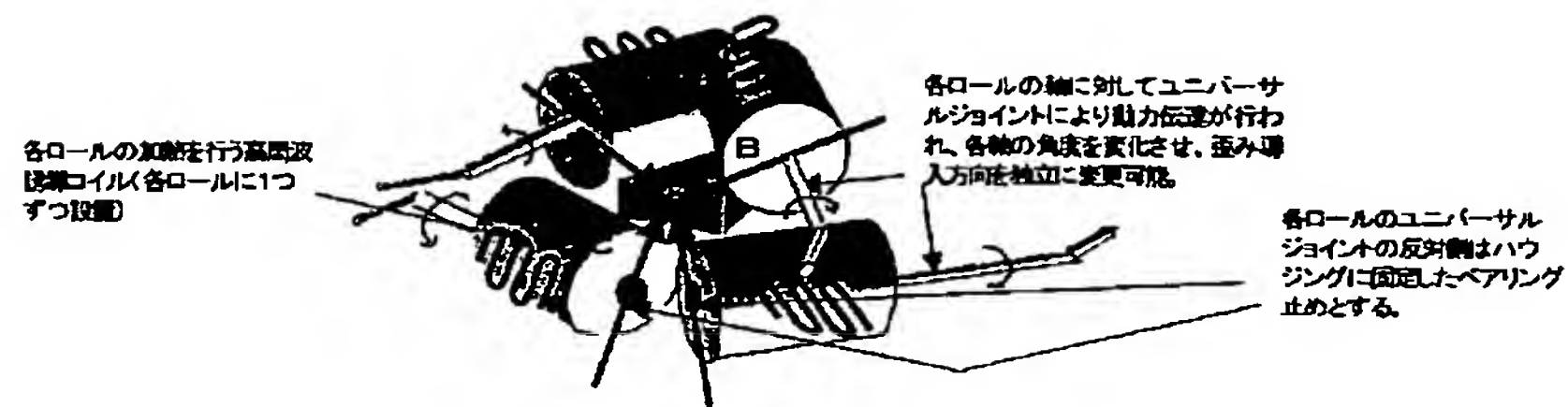
2 下型

3 a、3 b 被加工材

4 V溝

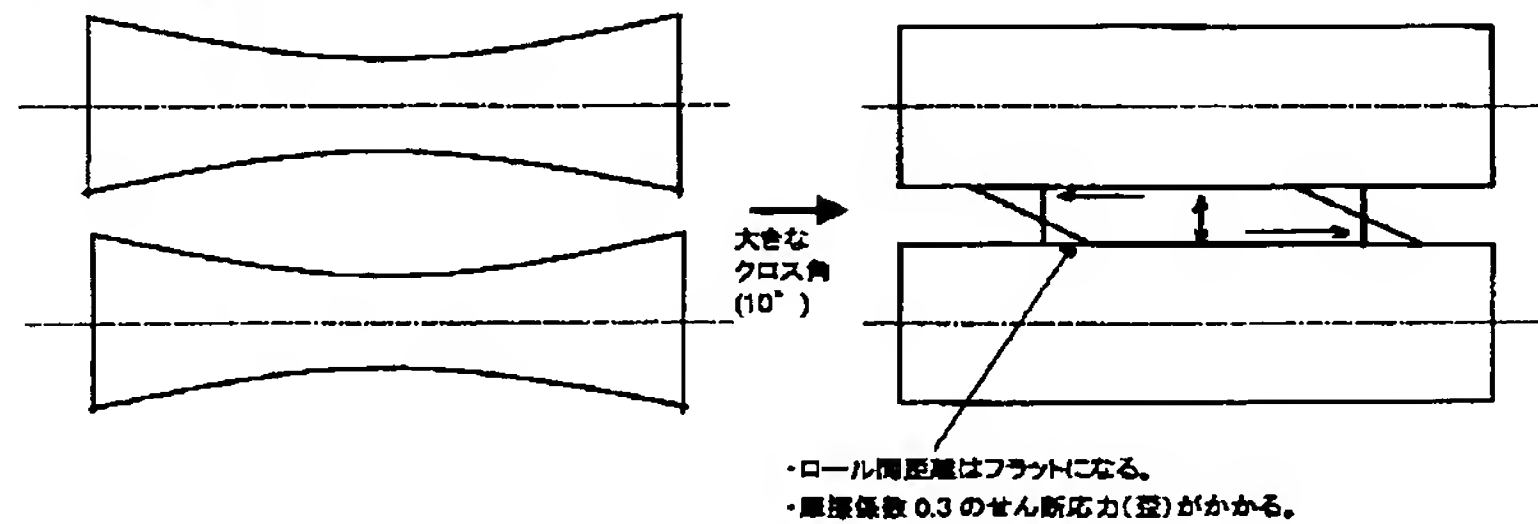
F 1、F 2、F 3 加工面

【図4】

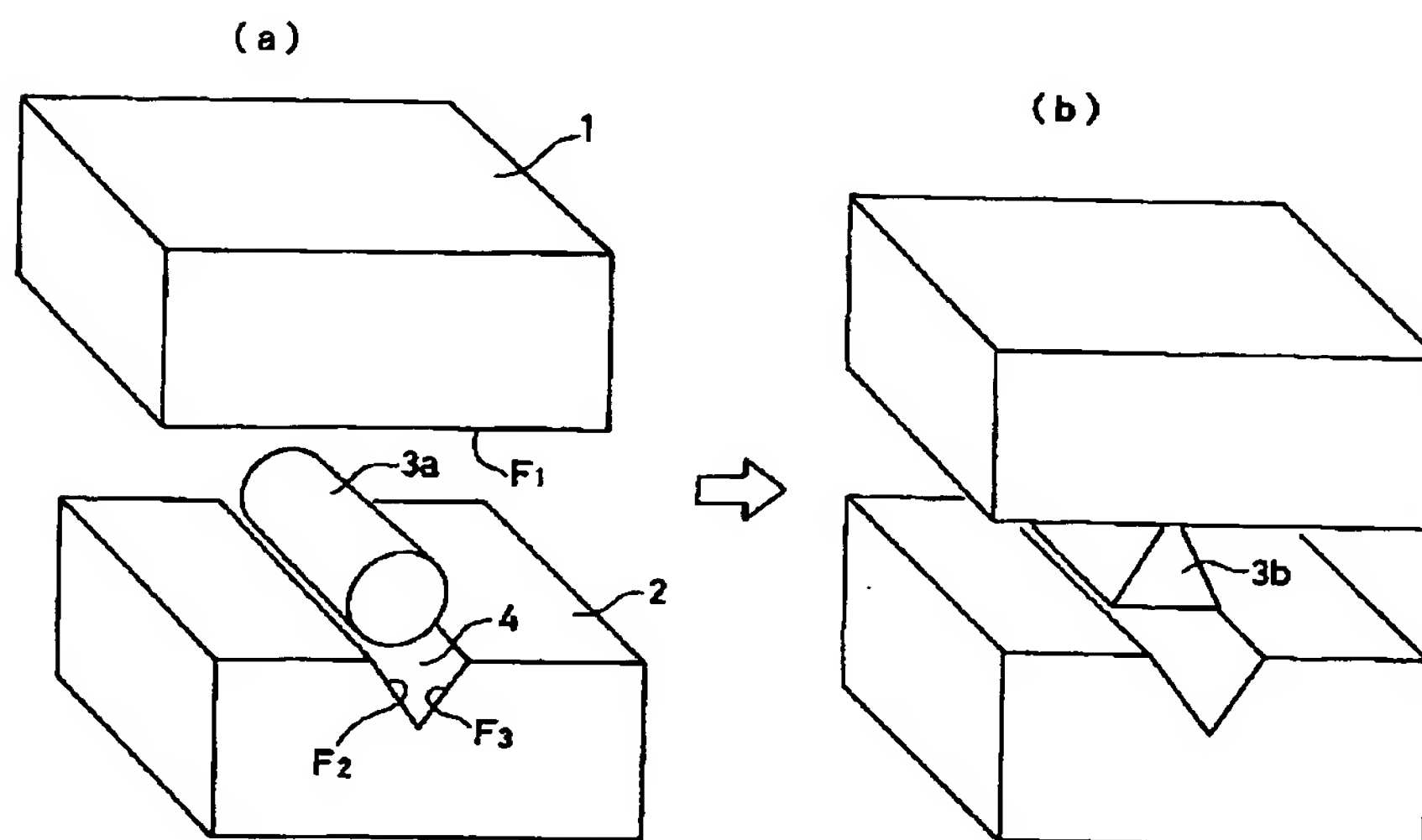


【図6】

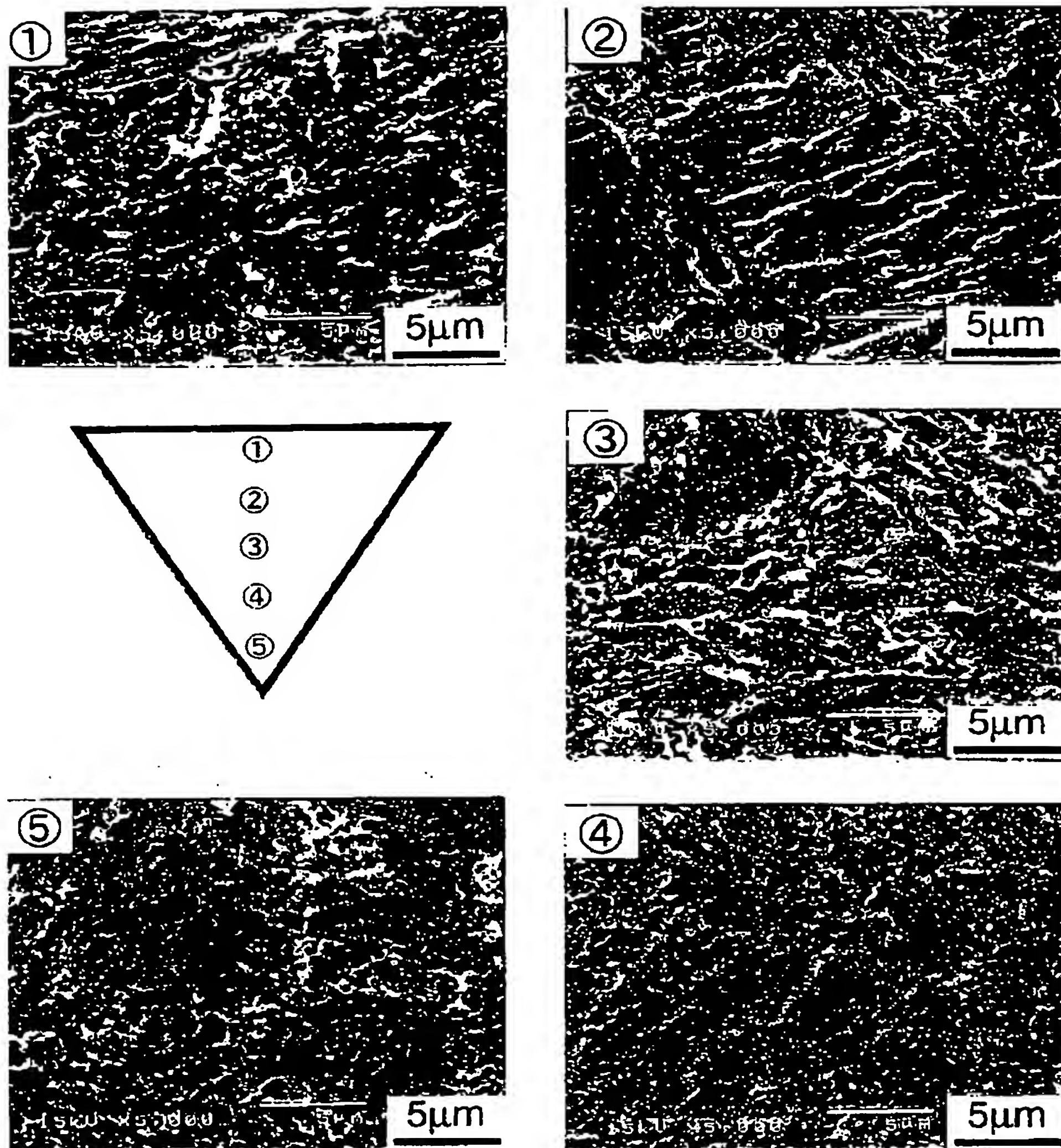
・ロールをこの様に加工しておき、大きくクロス圧縮させて、板をフラットにしつつ、せん断歪(多軸)を与える。



【図7】

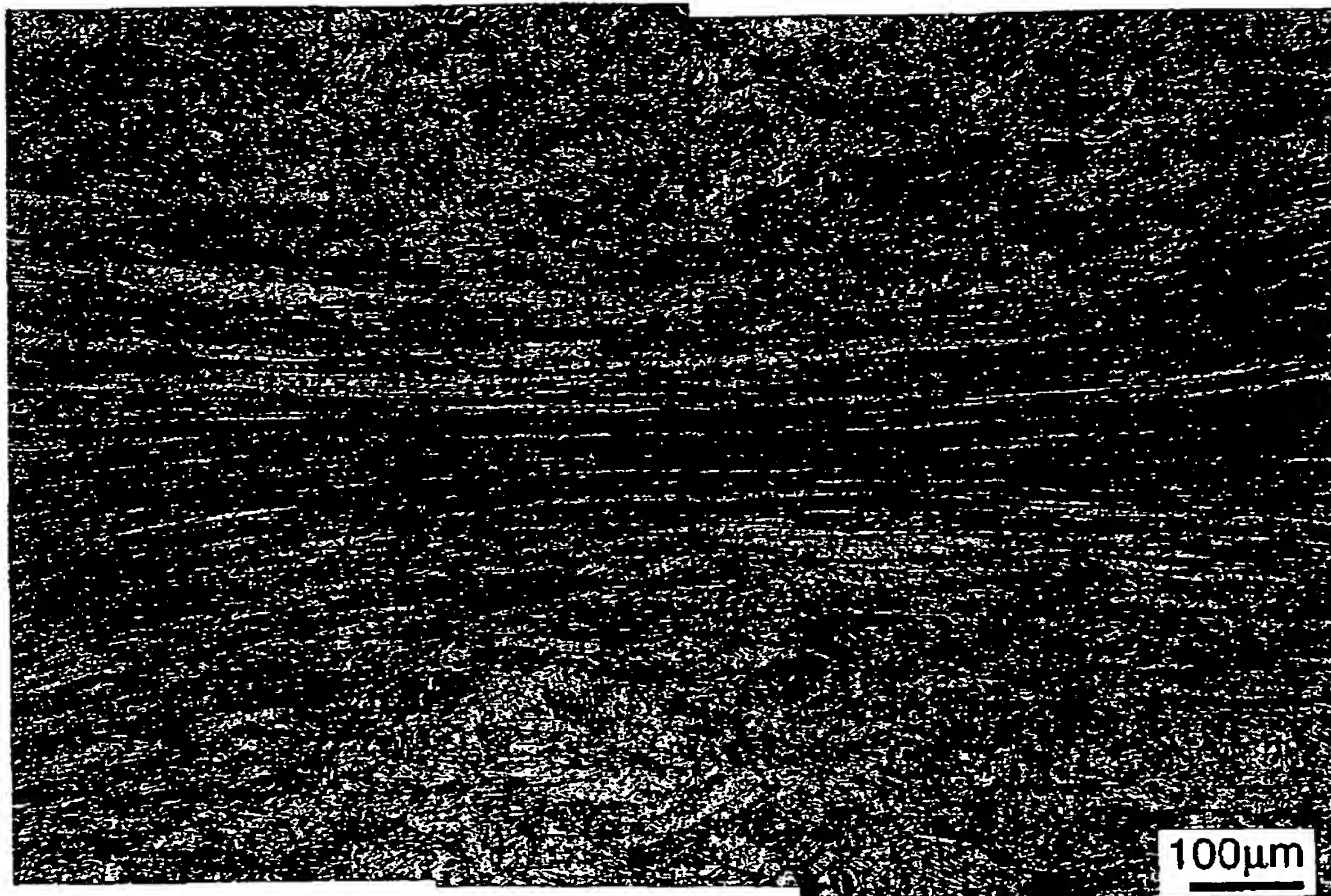


【図8】



Triple-Axis Forged ( Once ).

【図9】



## フロントページの続き

(71)出願人 000006208  
三菱重工業株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目5番1号  
(72)発明者 花村 年裕  
茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学  
技術庁金属材料技術研究所内  
(72)発明者 中嶋 宏  
茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学  
技術庁金属材料技術研究所内

(72)発明者 鳥塚 史郎  
茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学  
技術庁金属材料技術研究所内  
(72)発明者 長井 寿  
茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学  
技術庁金属材料技術研究所内  
(72)発明者 斎藤 正  
茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学  
技術庁金属材料技術研究所内  
(72)発明者 佐久間 信夫  
茨城県つくば市千現1丁目2番1号 科学  
技術庁金属材料技術研究所内

Fターム(参考) 4E087 BA02 CA11 CA41 CB02 HB00

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**This Page Blank (uspto)**